

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND 0 / 507269

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 10 430.1

Anmeldetag:

09. März 2002

REC'D 3 1 MAR 2003

WIPO

PCT

Anmelder/Inhaber:

SMS Demag AG, Düsseldorf/DE

Bezeichnung:

Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von
Metallsträngen

IPC:

C 23 C 2/24

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 10. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Joost

8. MRZ. 2002

Gi.hk

39 902

SMS Demag AG, Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf

Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen, insbesondere von Stahlband, in der der Metallstrang vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall aufnehmenden Behälter und durch einen vorgeschalteten Führungskanal hindurchführbar ist, wobei im Bereich des Führungskanals ein elektromagnetischer Induktor angeordnet ist, der zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls im Behälter mittels eines elektromagnetischen Sperrfeldes im Beschichtungsmetall Induktionsströme induzieren kann, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Sperrfeld eine elektromagnetische Kraft ausüben.

Übliche Metall-Tauchbeschichtungsanlagen für Metallbänder weisen einen wartungsintensiven Teil auf, nämlich das Beschichtungsgefäß mit der darin befindlichen Ausrüstung. Die Oberflächen der zu beschichtenden Metallbänder müssen vor der Beschichtung von Oxidresten gereinigt und für die Verbindung mit dem Beschichtungsmetall aktiviert werden. Aus diesem Grunde werden die Bandoberflächen vor der Beschichtung in Wärmeprozessen in einer reduzierenden Atmosphäre behandelt. Da die Oxidschichten zuvor chemisch oder abrasiv entfernt werden, werden mit dem reduzierenden Wärmeprozess die Oberflächen so aktiviert, dass sie nach dem Wärmeprozess metallisch rein vorliegen.

Mit der Aktivierung der Bandoberfläche steigt aber die Affinität dieser Bandoberflächen für den umgebenden Luftsauerstoff. Um zu verhindern, dass Luftsauerstoff

vor dem Beschichtungsprozess wieder an die Bandoberflächen gelangen kann, werden die Bänder in einem Tauchrüssel von oben in das Tauchbeschichtungsbad eingeführt. Da das Beschichtungsmetall in flüssiger Form vorliegt und man die Gravitation zusammen mit Abblasvorrichtungen zur Einstellung der Beschichtungsdicke nutzen möchte, die nachfolgenden Prozesse jedoch eine Bandberührung bis zur vollständigen Erstarrung des Beschichtungsmetalls verbieten, muss das Band im Beschichtungsgefäß in senkrechte Richtung umgelenkt werden. Das geschieht mit einer Rolle, die im flüssigen Metall läuft. Durch das flüssige Beschichtungsmetall unterliegt diese Rolle einem starken Verschleiß und ist Ursache von Stillständen und damit Ausfällen im Produktionsbetrieb.

Durch die gewünschten geringen Auflagedicken des Beschichtungsmetalls, die sich im Mikrometerbereich bewegen können, werden hohe Anforderungen an die Qualität der Bandoberfläche gestellt. Das bedeutet, dass auch die Oberflächen der bandführenden Rollen von hoher Qualität sein müssen. Störungen an diesen Oberflächen führen im allgemeinen zu Schäden an der Bandoberfläche. Dies ist ein weiterer Grund für häufige Stillstände der Anlage.

Die bekannten Tauchbeschichtungsanlagen weisen zudem Grenzwerte in der Beschichtungsgeschwindigkeit auf. Es handelt sich dabei um die Grenzwerte beim Betrieb der Abstreifdüse, um die der Abkühlvorgänge des durchlaufenden Metallbandes und die des Wärmeprozesses zur Einstellung von Legierungsschichten im Beschichtungsmetall. Dadurch tritt der Fall auf, dass zum einen die Höchstgeschwindigkeit generell begrenzt ist und zum anderen bestimmte Metallbänder nicht mit der für die Anlage möglichen Höchstgeschwindigkeit gefahren werden können.

Bei den Tauchbeschichtungsvorgängen finden Legierungsvorgänge für die Verbindung des Beschichtungsmetalls mit der Bandoberfläche statt. Die Eigenschaften und Dicken der sich dabei ausbildenden Legierungsschichten sind stark von

der Temperatur im Beschichtungsgefäß abhängig. Aus diesem Grunde muss bei manchen Beschichtungsvorgängen das Beschichtungsmetall zwar flüssig gehalten werden, aber die Temperatur darf bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. Dies läuft dem gewünschten Effekt des Abstreifens des Beschichtungsmetalls zur Einstellung einer bestimmten Beschichtungsdicke entgegen, da mit fallender Temperatur die für den Abstreifvorgang erforderliche Viskosität des Beschichtungsmetalls ansteigt und damit den Abstreifvorgang erschwert.

Um die Probleme zu vermeiden, die im Zusammenhang mit den im flüssigen Beschichtungsmetall laufenden Rollen stehen, hat es Ansätze dazu gegeben, ein nach unten offenes Beschichtungsgefäß einzusetzen, das in seinem unteren Bereich einen Führungskanal zur vertikalen Banddurchführung nach oben aufweist und zur Abdichtung einen elektromagnetischen Verschluss einzusetzen. Es handelt sich hierbei um elektromagnetische Induktoren, die mit zurückdrängenden, pumpenden bzw. einschnürenden elektromagnetischen Wechsel- bzw. Wanderfeldern arbeiten, die das Beschichtungsgefäß nach unten abdichten.

Eine solche Lösung ist beispielsweise aus der EP 0 673 444 B1 bekannt. Einen elektromagnetischen Verschluss zur Abdichtung des Beschichtungsgefäßes nach unten setzt auch die Lösung gemäß der JP 5086446 ein.

Die Beschichtung von nicht ferromagnetischen Metallbändern wird damit zwar möglich, jedoch treten bei im wesentlichen ferromagnetischen Stahlbändern damit Probleme auf, dass diese in den elektromagnetischen Abdichtungen durch den Ferromagnetismus an die Kanalwände gezogen werden, wodurch die Bandoberfläche dadurch beschädigt wird. Weiterhin ist es problematisch, dass das Beschichtungsmetall durch die induktiven Felder unzulässig erwärmt wird.

Bei der Lage des durchlaufenden ferromagnetischen Stahlbandes durch den Führungskanal zwischen zwei Wanderfeldinduktoren handelt es sich um ein labiles

Gleichgewicht. Nur in der Mitte des Führungskanal ist die Summe der auf das Band wirkenden magnetischen Anziehungskräfte Null. Sobald das Stahlband aus seiner Mittenlage ausgelenkt wird, gerät es näher an einen der beiden Induktoren, während es sich vom anderen Induktor entfernt. Ursachen für eine solche Auslenkung können einfache Planlagefehler des Bandes sein. Zu nennen wären dabei jegliche Art von Bandwellen in Laufrichtung, gesehen über die Breite des Bandes (Centerbuckles, Quarterbuckles, Randwellen, Flattern, Verdrehen, Crossbow, S-Form etc.). Die magnetische Induktion, die für die magnetische Anziehungskraft verantwortlich ist, nimmt gemäß einer Exponentialfunktion mit dem Abstand vom Induktor in ihrer Feldstärke ab. In ähnlicher Weise nimmt daher die Anziehungskraft mit dem Quadrat der Induktionsfeldstärke mit wachsendem Abstand vom Induktor ab. Für das ausgelenkte Band bedeutet das, dass mit der Auslenkung in die eine Richtung die Anziehungskraft zum einen Induktor exponentiell ansteigt, während die rückholende Kraft vom anderen Induktor exponentiell abnimmt. Beide Effekte verstärken sich von selbst, so dass das Gleichgewicht labil ist.

Zur Lösung dieses Problems, also zur genauen Lageregelung des Metallstrangs im Führungskanal, geben die DE 195 35 854 A1 und die DE 100 14 867 A1 Hinweise. Gemäß den dort offenbarten Konzepten sind neben den Spulen zur Erzeugung des elektromagnetischen Wanderfeldes zusätzliche Korrekturspulen vorgesehen, die mit einem Regelungssystem in Verbindung stehen und dafür Sorge tragen, dass das Metallband beim Abweichen von der Mittellage in diese wieder zurückgeholt wird.

Es hat sich bei der Realisierung dieses Prinzips - also des Konzepts des Wanderfeld-Induktors mit Korrekturspulen - als nachteilig herausgestellt, dass die Induktoren zur Erzeugung des elektromagnetischen Wanderfeldes eine relativ große Bauhöhe haben müssen, was sich durch die benötigte Feldstärke, elektrischen Ströme und die dafür benötigten Blechkerne erklärt. Die Höhe des Induktors be-

wegt sich zumeist bei ca. 600 mm. Das hat negative Auswirkungen auf die Höhe der Tauchmetallsäule im Führungskanal.

Zur Vermeidung dieses Problems ist aus der WO 96/03533 A1 eine gattungsgemäße Vorrichtung bekannt, die zum Zurückhalten des Beschichtungsmaterials ein elektromagnetisches Sperrfeld einsetzt, bei der nur eine Induktionsspule zum Einsatz kommt. Die Bauhöhe des Induktors ist damit relativ gering.

Beim Durchlauf des Metallstrangs durch den Führungskanal tritt jedoch in nachteiliger Weise eine hohe ferromagnetische Anziehung des Strangs an die Wände des Führungskanals auf. Um dies zu verhindern, ist bei dieser bekannten Anlage vorgesehen, dass die Sperrfeld-Induktoren mit Wechselstrom betrieben werden, dessen Frequenz höher als 3 kHz liegt. Dadurch wird erreicht, dass die ferromagnetische Anziehung nur noch gering ist; allerdings kann sie nicht völlig vermieden werden. Weiterhin ist es nachteilig, dass beim Durchlauf des Metallstrangs durch den Führungskanal eine starke Erwärmung des Strangs auftritt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass die genannten Nachteile überwunden werden. Es soll somit insbesondere ein elektromagnetischer Induktor konzipiert werden, der eine geringe Bauhöhe aufweist und trotzdem keine starke Erwärmung des Metallstrangs bedingt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Induktor mit elektrischen Versorgungsmitteln in Verbindung steht, die diesen mit einem Wechselstrom versorgen, dessen Frequenz kleiner als 500 Hz ist; bevorzugt ist vorgesehen, dass die Frequenz kleiner als 100 Hz, insbesondere 50 Hz (Netzfrequenz), ist.

Mit dieser Ausgestaltung ist es möglich, die Erwärmung des durchlaufenden Metallstranges erheblich zu reduzieren, verglichen mit der vorbekannten Lösung. Ferner fällt die mittige Führung des Metallstrangs im Führungskanal leichter, da die ferromagnetische Anziehung des Metallstranges an die Wände des Führungskanals wesentlich geringer ist als bei der vorbekannten Lösung. Durch das gewählte Baukonzept ergibt sich daher die angestrebte geringe Bauhöhe des Induktors.

Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Versorgungsmittel den Induktor mit einphasigem Wechselstrom versorgen.

Mit Vorteil weist der Induktor je eine Induktionsspule beidseits des Führungskanals auf.

Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, wenn die Vorrichtung weiterhin mit Führungsmitteln zur Führung des Metallstrangs im Führungskanal ausgestattet wird. Hierfür sind verschiedene Möglichkeiten denkbar.

Nach einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Führungsmittel mindestens ein Paar Führungsrollen sind. Diese werden bevorzugt im unteren Bereich des Führungskanals oder unter dem Führungskanal angeordnet.

Gemäß einer alternativen (ggf. auch additiven) Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Führungsmittel mindestens zwei Korrekturspulen zur Lageregelung des Metallstrangs im Führungskanal in Richtung normal zur Oberfläche des Metallstrangs umfassen. Dabei können die Korrekturspulen, in Bewegungsrichtung des Metallstrangs betrachtet, in derselben Höhe wie die Induktionsspulen angeordnet werden. Eine gute Wirksamkeit des Induktors ergibt sich, wenn der elektromagnetische Induktor für die Aufnahme der Induktionsspule und der Korrekturspule zwei Nuten aufweist, die parallel zueinander, senkrecht zur Bewegungsrichtung des

Metallstrangs und senkrecht zur normalen Richtung verlaufen. Die Regelung des Metallstrangs im Führungskanal erleichtert sich, wenn die in den Nuten angeordnete Korrekturspule näher am Metallstrang angeordnet ist als die Induktionsspule. Die Regelung kann genauer erfolgen, wenn der Induktor beidseits des Metallstrangs je mindestens zwei in einer Reihe nebeneinander angeordnete Korrekturspulen aufweist.

Ferner können Mittel zum Versorgen der Korrekturspulen mit einem Wechselstrom vorgesehen werden, der dieselbe Phase aufweist wie derjenige Strom, mit dem die Induktionsspulen betrieben werden.

Wird die Lageregelung des Metallstrangs im Führungskanal mittels der genannten Korrekturspulen ins Auge gefasst, kann die Lage des durchlaufenden Stahlbandes durch Induktionsfeldsensoren erfasst werden, die mit einem schwachen Messfeld hoher Frequenz betrieben werden. Dazu wird eine höherfrequente Spannung mit geringer Leistung den Induktionsspulen überlagert. Die höherfrequente Spannung hat keinen Einfluss auf die Abdichtung; in gleicher Weise kommt es hierdurch zu keiner Aufheizung des Beschichtungsmetalls bzw. Stahlbands. Die höherfrequente Induktion lässt sich aus dem kräftigen Signal der normalen Abdichtung herausfiltern und liefert dann ein dem Abstand vom Sensor proportionales Signal. Mit diesem kann die Lage des Bandes im Führungskanal erfasst und geregelt werden.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Figur 1 schematisch ein Schmelztauch-Beschichtungsgefäß mit einem durch dieses hindurch geführten Metallstrang;

Figur 2 schematisch den Schnitt durch den Führungskanal und die Induktoren mit darunter angeordneten Führungsrollen;

Figur 3 eine zu Fig. 2 entsprechende Darstellung mit Führungsmittel in Form von Korrekturspulen; und

Figur 4 die Ansicht eines Induktors gemäß Fig. 3, von der Seite betrachtet.

In Figur 1 ist das Prinzip der Schmelztauch-Beschichtung eines Metallstrangs 1, insbesondere eines Stahlbands, gezeigt. Der zu beschichtende Metallstrang 1 tritt vertikal von unten in den Führungskanal 4 der Beschichtungsanlage ein. Der Führungskanal 4 bildet das untere Ende eines Behälters 3, das mit flüssigem Beschichtungsmetall 2 gefüllt ist. Der Metallstrang 1 wird in Bewegungsrichtung X vertikal nach oben geführt. Damit das flüssige Beschichtungsmetall 2 nicht aus dem Behälter 3 auslaufen kann, ist im Bereich des Führungskanals 4 ein elektromagnetischer Induktor 5 angeordnet. Dieser besteht aus zwei Hälften 5a und 5b, von denen jeweils eine seitlich des Metallstrangs 1 angeordnet ist. Im elektromagnetischen Induktor 5 wird ein elektromagnetisches Sperrfeld erzeugt, das das flüssige Beschichtungsmetall 2 im Behälter 3 zurückhält und so am Auslaufen hindert.

Der Induktor 5 wird von einem elektrischen Versorgungsmittel 6 mit einphasigem Wechselstrom versorgt. Die Frequenz f des Wechselstroms liegt unter 500 Hz. Bevorzugt kommt Netzfrequenz, also 50 bzw. 60 Hz, zum Einsatz.

Der detailliertere Aufbau des Bereichs des Führungskanals 4 ist in Fig. 2 zu sehen. Der Induktor 5 (bzw. seine beiden Hälften 5a und 5b) weist Nuten 9 auf, in die eine Induktionsspule 7 eingesetzt ist, die mit dem Wechselstrom versorgt wird und damit das elektromagnetische Sperrfeld erzeugt. Sorge ist insbesondere dafür zu tragen, dass der Metallstrang 1 in Richtung N normal auf den Strang 1 möglichst mittig im Führungskanal 4 geführt wird.

Da der Induktor 5 bzw. die Induktionsspule 7 im Betrieb eine gewisse ferromagnetische Anziehung zwischen Strang 1 und Wand des Führungskanal 4 bewirkt, sind Führungsmittel 8 vorgesehen, die in Fig. 2 als Führungsrollen 8a ausgebildet sind. Diese sind unter dem Führungskanal 4 angeordnet und stellen sicher, dass ein mittiges Einführen des Metallstrangs 1 in den Führungskanal 4 erfolgt.

Wie es in Fig. 3 gesehen werden kann, ist es auch möglich, die Führungsmittel 8 in anderer Weise auszubilden. Hiernach sind elektrische Korrekturspulen 8b vorgesehen, die ein geregeltes Magnetfeld erzeugen und so den Metallstrang 1 im Führungskanal 4 mittig halten. Wie gesehen werden kann, sind sowohl die Induktionsspulen 7 als auch die Korrekturspulen 8b in den Nuten 9 des Induktors 5a, 5b positioniert, und zwar auf der selben Höhe - in Bewegungsrichtung X betrachtet.

In Fig. 4 ist die seitliche Ansicht auf eine der beiden Induktorhälften 5b skizziert. Hier kann nochmals gesehen werden, dass sowohl die Induktionsspule 7 als auch die Korrekturspule 8b in den Nuten 9 des Induktors 5b untergebracht sind. Ferner geht hieraus hervor, dass vorliegend drei nebeneinander angeordnete Korrekturspulen 8b', 8b'' und 8b''' vorgesehen sind, die über die Breite des Metallstranges 1 auf diesen einwirken und ihn so mittig im Führungskanal 4 halten können.

Die Korrekturspulen 8b', 8b'' und 8b''' werden mit der gleichen Strom-Phase angesteuert, die in der Induktionsspule 7 vorliegt, vor der die Korrekturspulen 8b', 8b'', 8b''' angeordnet sind.

Es sei noch erwähnt, dass auch eine Kombination von Führungsrollen 8a (s. Fig. 2) und Korrekturspulen 8b (s. Fig. 3) vorgesehen werden kann.

Bezugszeichenliste:

1	Metallstrang (Stahlband)
2	Beschichtungsmetall
3	Behälter
4	Führungskanal
5, 5a, 5b	elektromagnetischer Induktor
6	elektrische Versorgungsmittel
7	Induktionsspule
8	Führungsmittel
8a	Führungsrolle
8b,	
8b', 8b'', 8b'''	Korrekturspule
9	Nut
f	Frequenz
X	Bewegungsrichtung
N	normale Richtung

8. MRZ. 2002

Gi.hk

39 902

SMS Demag AG, Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen (1), insbesondere von Stahlband, in der der Metallstrang (1) vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall (2) aufnehmenden Behälter (3) und durch einen vorgeschalteten Führungskanal (4) hindurchführbar ist, wobei im Bereich des Führungskanals (4) ein elektromagnetischer Induktor (5) angeordnet ist, der zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls (2) im Behälter (3) mittels eines elektromagnetischen Sperrfeldes im Beschichtungsmetall (2) Induktionsströme induzieren kann, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Sperrfeld eine elektromagnetische Kraft ausüben,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Induktor (5, 5a, 5b) mit elektrischen Versorgungsmitteln (6) in Verbindung steht, die diesen mit einem Wechselstrom versorgen, dessen Frequenz (f) kleiner als 500 Hz ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Frequenz (f) kleiner als 100 Hz, insbesondere 50 Hz, ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Versorgungsmittel (6) den Induktor (5) mit einphasigem Wechselstrom versorgen.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Induktor (5) je eine Induktionsspule (7) beidseits des Führungskanals (4) aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie Führungsmittel (8) zur Führung des Metallstrangs (1) im Führungskanal (4) aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Führungsmittel (8) mindestens ein Paar Führungsrollen (8a) umfassen, die im unteren Bereich des Führungskanals (4) oder unter dem Führungskanal (4) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Führungsmittel (8) aus mindestens zwei Korrekturspulen (8b) zur Lageregelung des Metallstrangs (1) im Führungskanal (4) in Richtung (N) normal zur Oberfläche des Metallstrangs (1) bestehen.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Korrekturspulen (8b), in Bewegungsrichtung (X) des Metallstrangs (1) betrachtet, in derselben Höhe wie die Induktionsspulen (7) angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der elektromagnetische Induktor (5, 5a, 5b) für die Aufnahme der Induktionsspule (7) und der Korrekturspule (8b) zwei Nuten (9) aufweist, die parallel zueinander sowie senkrecht zur Bewegungsrichtung (X) des Metallstrangs (1) und senkrecht zur normalen Richtung (N) verlaufen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die in den Nuten (9) angeordnete Korrekturspule (8b) näher am Metallstrang (1) angeordnet ist als die Induktionsspule (7).
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Induktor (5, 5a, 5b) beidseits des Metallstrangs (1) je mindestens zwei in einer Reihe nebeneinander angeordnete Korrekturspulen (8b', 8b'', 8b''') aufweist.

8. MRZ. 2002

Gi.hk

39 902

SMS Demag AG, Eduard-Schoemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf

Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen (1), insbesondere von Stahlband, in der der Metallstrang (1) vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall (2) aufnehmenden Behälter (3) und durch einen vorgeschalteten Führungskanal (4) hindurchführbar ist, wobei im Bereich des Führungskanals (4) ein elektromagnetischer Induktor (5) angeordnet ist, der zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls (2) im Behälter (3) mittels eines elektromagnetischen Sperrfeldes im Beschichtungsmetall (2) Induktionsströme induzieren kann, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Sperrfeld eine elektromagnetische Kraft ausüben. Zur Vermeidung einer starken Erhitzung des Metallstrangs durch den elektromagnetischen Induktor ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Induktor (5, 5a, 5b) mit elektrischen Versorgungsmitteln (6) in Verbindung steht, die diesen mit einem Wechselstrom versorgen, dessen Frequenz (f) kleiner als 500 Hz ist. Insbesondere ist hierbei an Netzfrequenz (50 Hz) gedacht.

(Fig. 3)

Fig. 1

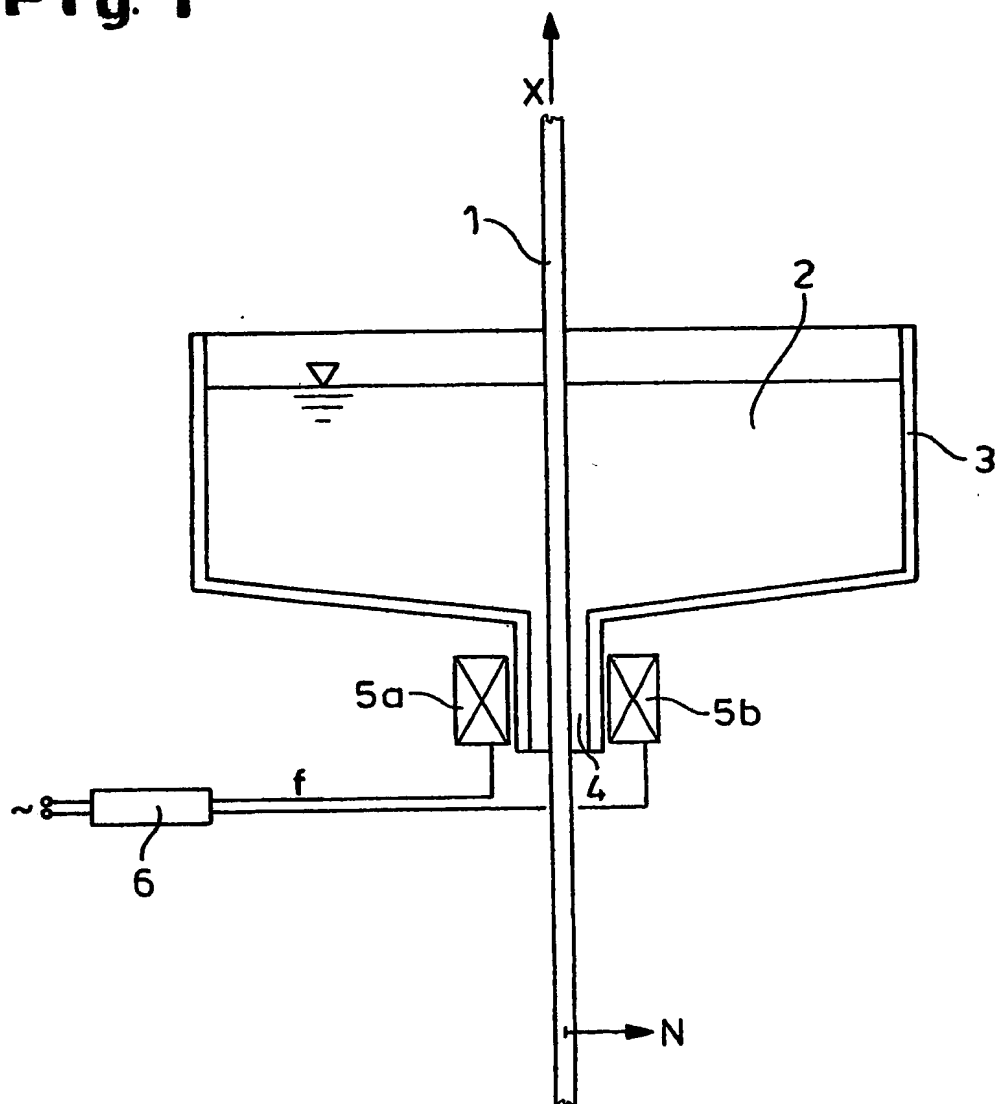


Fig. 2

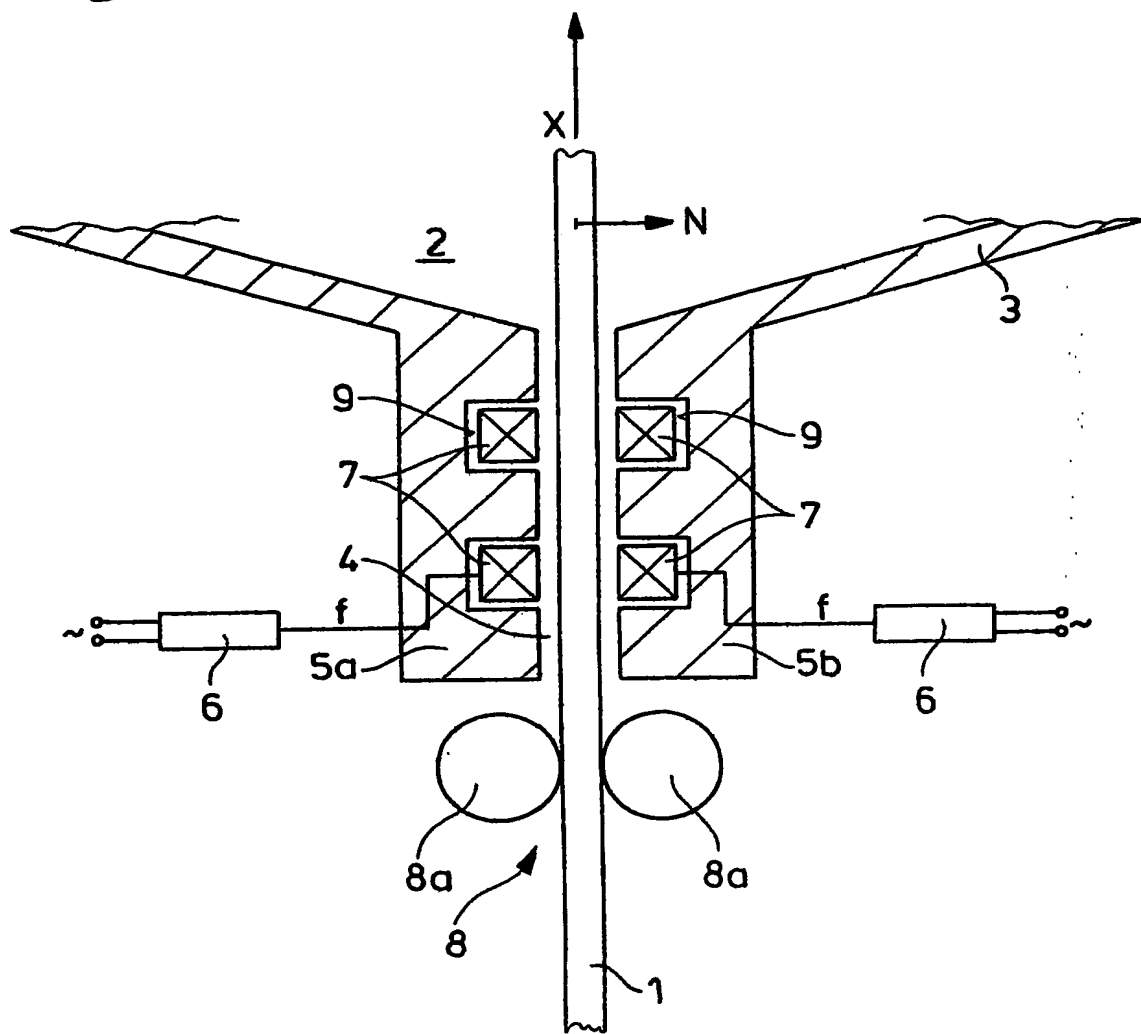


Fig. 3

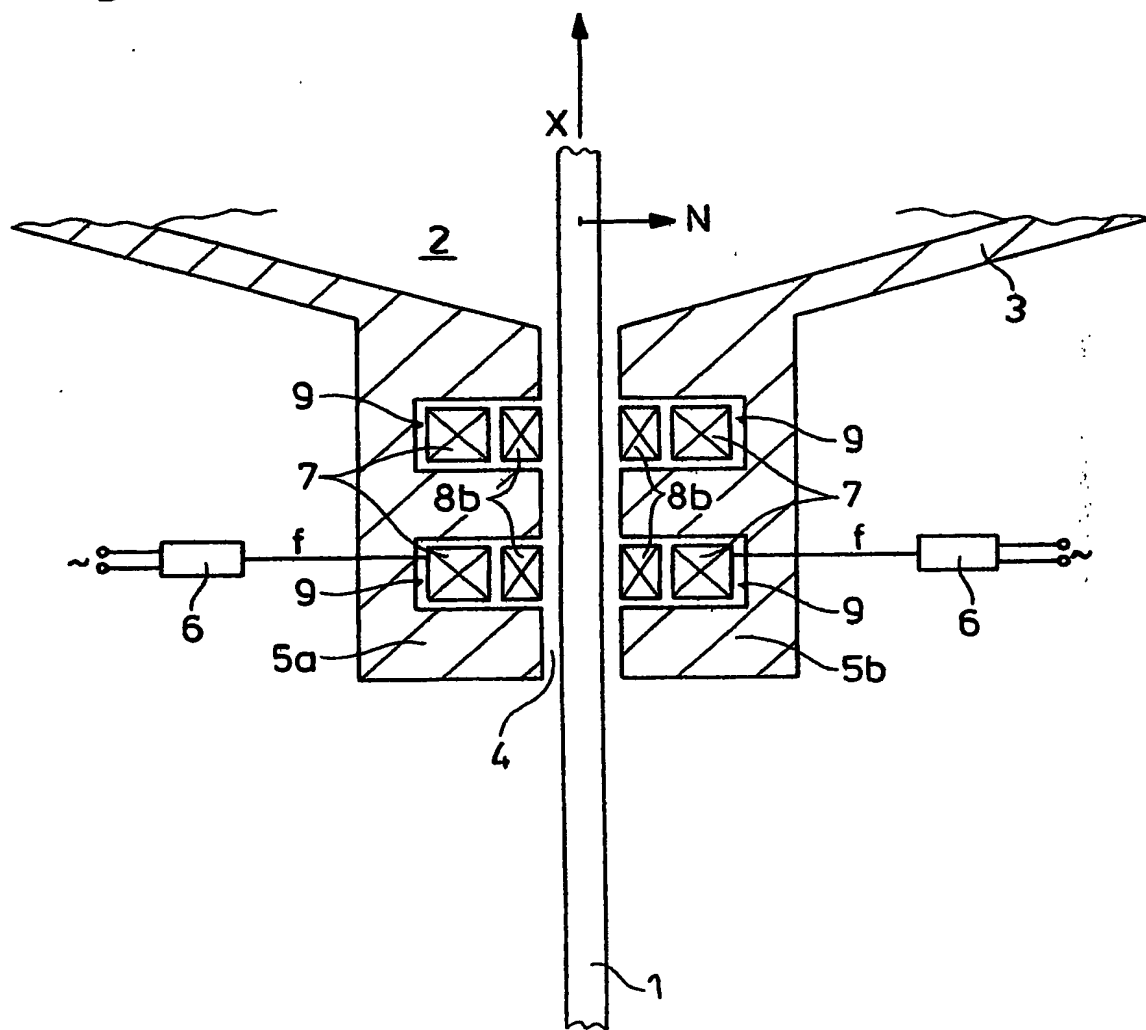


Fig. 4

